



# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

(Kapitel II des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 2003P07649WO	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Formblatt PCT/PEA/416	
Internationales Aktenzeichen PCT/EP2004/051402	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 08.07.2004	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 28.07.2003
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK H04L25/03, H04L25/02		
Anmelder SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT et al.		
<p>1. Bei diesem Bericht handelt es sich um den internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, der von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde nach Artikel 35 erstellt wurde und dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt wird.</p> <p>2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.</p> <p>3. Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; diese umfassen</p> <p>a. <input checked="" type="checkbox"/> (an den Anmelder und das Internationale Büro gesandt) insgesamt 5 Blätter; dabei handelt es sich um</p> <p><input type="checkbox"/> Blätter mit der Beschreibung, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit Berichtigungen, denen die Behörde zugestimmt hat (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsvorschriften).</p> <p><input type="checkbox"/> Blätter, die frühere Blätter ersetzen, die aber aus den in Feld Nr. 1, Punkt 4 und im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde eine Änderung enthalten, die über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgeht.</p> <p>b. <input type="checkbox"/> (nur an das Internationale Büro gesandt) insgesamt (bitte Art und Anzahl der/des elektronischen Datenträger(s) angeben), der/die ein Sequenzprotokoll und/oder die dazugehörigen Tabellen enthält/enthalten, nur in computerlesbarer Form, wie im Zusatzfeld betreffend das Sequenzprotokoll angegeben (siehe Abschnitt 802 der Verwaltungsvorschriften).</p>		
<p>4. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Feld Nr. I Grundlage des Bescheids</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. II Priorität</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung</p>		
Datum der Einreichung des Antrags  28.01.2005	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  19.04.2005	
Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde   Europäisches Patentamt - P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk - Pays Bas Tel. +31 70 340 - 2040 Tx: 31 651 epo nl Fax: +31 70 340 - 3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Koukourlis, S  Tel. +31 70 340-2285  	

---

**Feld Nr. I Grundlage des Berichts**

---

1. Hinsichtlich der **Sprache** beruht der Bericht auf der internationalen Anmeldung in der Sprache, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.
- ☐ Der Bericht beruht auf einer Übersetzung aus der Originalsprache in die folgende Sprache, bei der es sich um die Sprache der Übersetzung handelt, die für folgenden Zweck eingereicht worden ist:
- ☐ internationale Recherche (nach Regeln 12.3 und 23.1 b))
  - ☐ Veröffentlichung der internationalen Anmeldung (nach Regel 12.4)
  - ☐ internationale vorläufige Prüfung (nach Regeln 55.2 und/oder 55.3)
2. Hinsichtlich der **Bestandteile\*** der internationalen Anmeldung beruht der Bericht auf (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt*):

**Beschreibung, Seiten**

1, 3-16 in der ursprünglich eingereichten Fassung  
2, 2a eingegangen am 28.01.2005 mit Schreiben vom 26.01.2005

**Ansprüche, Nr.**

1-9 eingegangen am 28.01.2005 mit Schreiben vom 26.01.2005

**Zeichnungen, Blätter**

1/1 in der ursprünglich eingereichten Fassung

☐ einem Sequenzprotokoll und/oder etwaigen dazugehörigen Tabellen - siehe Zusatzfeld betreffend das Sequenzprotokoll

3. ☐ Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:
- ☐ Beschreibung: Seite
  - ☐ Ansprüche: Nr.
  - ☐ Zeichnungen: Blatt/Abb.
  - ☐ Sequenzprotokoll (*genaue Angaben*):
  - ☐ etwaige zum Sequenzprotokoll gehörende Tabellen (*genaue Angaben*):
4. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der diesem Bericht beigelegten und nachstehend aufgelisteten Änderungen erstellt worden, da diese aus den im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2 c)).
- ☐ Beschreibung: Seite
  - ☐ Ansprüche: Nr.
  - ☐ Zeichnungen: Blatt/Abb.
  - ☐ Sequenzprotokoll (*genaue Angaben*):
  - ☐ etwaige zum Sequenzprotokoll gehörende Tabellen (*genaue Angaben*):

\* Wenn Punkt 4 zutrifft, können einige oder alle dieser Blätter mit der Bemerkung "ersetzt" versehen werden.

---

**Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35 (2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

---

1. Feststellung
- |                                |                    |
|--------------------------------|--------------------|
| Neuheit (N)                    | Ja: Ansprüche 1-9  |
|                                | Nein: Ansprüche    |
| Erfinderische Tätigkeit (IS)   | Ja: Ansprüche 1-9  |
|                                | Nein: Ansprüche    |
| Gewerbliche Anwendbarkeit (IA) | Ja: Ansprüche: 1-9 |
|                                | Nein: Ansprüche:   |

2. Unterlagen und Erklärungen (Regel 70.7):

**siehe Beiblatt**

**Zu Punkt V**

**Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

Es wird auf das folgende Dokument verwiesen:

D1: KIESSLING, M.; SPEIDEL, J.; GENG, N.; REINHARDT, M.: "Performance analysis of MIMO maximum likelihood receivers with channel correlation, colored gaussian noise, and linear prefiltering" ICC '03. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATIONS, Bd. 5, 11. Mai 2003 (2003-05-11), - 15. Mai 2003 (2003-05-15) Seiten 3026-3030, XP002270467 USA

1. Das Dokument D1 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 1 angesehen. Es offenbart (die Verweise in Klammern beziehen sich auf dieses Dokument):  
eine senderseitige Vorfilterung von zu sendenden Symbolen (siehe ab Seite 3026 Kapitel II). Durch die beschriebene Vorfilterung wird eine Empfangsverbesserung der Symbole hinsichtlich der Bitfehlerrate BER und hinsichtlich des Signal-Rausch-Abstands SNR erreicht, wobei eine auf statistischen Algorithmen basierende Vorfilterung erfolgt (siehe Seite 3026, linke Spalte, zweiter und dritter Absatz).
2. Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich daher von dem bekannten Verfahren dadurch, daß zur Verbesserung der mit Hilfe der Trainingssequenzen durchgeführten Kanalschätzung die Trainingssequenzen durch das Vorfilter an die Funkübertragungskanaleigenschaften angepasst werden, wobei das Vorfilter in Abhängigkeit der räumlichen Korrelationen zum Erreichen eines vorgegebener Fehlerwert eines zur Kanalschätzung verwendeten Algorithmus dimensioniert wird.

Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist somit neu (Artikel 33(2) PCT).

3. Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann somit darin gesehen werden, daß eine hinsichtlich der Genauigkeit verbesserte Kanalschätzung angegeben wird.
4. Die in Anspruch 1 der vorliegenden Anmeldung für diese Aufgabe vorgeschlagene Lösung beruht aus den folgenden Gründen auf einer erfinderischen Tätigkeit (Artikel 33(3) PCT):

Die Kombination der Merkmale, die oben unter Punkt 2 erwähnt werden, wird weder offenbart noch offensichtlich gemacht durch irgendwelche der Dokumente, die im Recherchenbericht zitiert werden.

5. Die Ansprüche 2-9 sind vom Anspruch 1 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse des PCT in bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit.

Die Funkkanalkoeffizienten sind bei einem MIMO-Funkkommunikationssystem nur sehr aufwändig mit Hilfe einer Kanalschätzung zu ermitteln. So ergeben sich bei einer Anzahl von  $M_{TX}$  Sendeantennen und bei einer Anzahl von  $M_{RX}$  Empfangsantennen insgesamt  $M_{RX} \times M_{TX}$  zu schätzende Funkkanalkoeffizienten für  $M_{RX} \times M_{TX}$  Funkübertragungskanäle. Konkret ergeben sich für ein MIMO-Funkkommunikationssystem mit vier Sende- und mit vier Empfangsantennensystemen insgesamt 16 Funkübertragungskanäle, die durch 16 Funkkanalkoeffizienten beschrieben werden.

10

Eine genaue Schätzung der Funkkanalkoeffizienten bedingt insbesondere bei einem FDD-Funkkommunikationssystem ("Frequency Division Duplex", FDD) Trainingssequenzen großer Länge, die wiederum eine beträchtliche Anzahl von Funkübertragungsressourcen belegen.

15

Aus „Performance Analysis of MIMO Maximum Likelihood Receivers with Channel Correlation, Colored Gaussian Noise, and Linear Prefiltering“, Mario Kiessling et al, ICC 2003, IEEE International Conference on Communications, Bd 5, 11.05.2003 - 15.05.2003, Seiten 3026 bis 3030, XP002270467, USA, ist eine senderseitige Vorfilterung von zu sendenden Symbolen bekannt. Durch die beschriebene Vorfilterung wird eine Empfangsverbesserung der Symbole hinsichtlich der Bitfehlerrate BER und hinsichtlich des Signal-Rausch-Abstands SNR erreicht, wobei eine auf statistischen Algorithmen basierende Vorfilterung erfolgt.

20

25

Aus „Statistical Prefiltering for MIMO Systems with Linear Receivers in the Presence of Transmit Correlation“, Kiessling, 57<sup>th</sup> IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference, VTC 2003, Jeju, South Korea, Bd 1, 22.04.2003 - 25.04.2003, Seiten 267 - 271, XP002270468, ist eine sendeseitige Vorfilterung bekannt, bei deren Dimensionierung auf eine genaue Kenntnis von "Channel State Informations, CSI" verzichtet wird.

30

35

Die Vorfilterung wird anhand von statistischen Werten durchgeführt.

5 Aus „Statistical Prefiltering for MMSE and ML Receivers with Correlated MIMO Channels“, Kiessling, WCNC 2003, IEEE Wireless Communications and Networking Conference Record, New Orleans, LA, USA, 16. - 20.03.2003, Bd 2, Seiten 919 - 924, XP002270469 ist eine weitere auf statistischen Werten basierende Vorfilterung bekannt.

10

Es ist Aufgabe der Erfindung, in einem Funkkommunikationssystem, insbesondere in einem MIMO-Funkkommunikationssystem, eine aufwandsarme bzw. eine bezüglich der Genauigkeit verbesserte Schätzung von Funkkanalkoeffizienten zu realisieren.

15

Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

20 Ein erfindungsgemäße Vorfilter wird sendeseitig vor einer Antennenanordnung derart angeordnet, dass Trainingssequenzen über das Vorfilter an Antennensysteme der Antennenanordnung zur Abstrahlung zugeführt werden. Anhand der Trainingssequenzen erfolgt eine Kanalschätzung zur Ermittlung von Funkübertragungskanaleigenschaften, die durch räumliche Korrelationen  
25 beschrieben werden. Das Vorfilter wird in Abhängigkeit der räumlichen Korrelationen derart dimensioniert, dass ein vorgegebener Fehlerwert eines empfangsseitig zur Kanalschätzung verwendeten Algorithmus erzielt wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Vorfilterung von Trainingssequenzen in einem Funkkommunikationssystem, bei dem zumindest sendeseitig  
5 eine aus mehreren Antennensystemen bestehende Antennenanordnung verwendet wird,
  - bei dem die Trainingssequenzen über ein Vorfilter den sendeseitigen Antennensystemen zur Abstrahlung zugeführt werden,
  - 10 - bei dem anhand empfangener Trainingssequenzen eine Kanalschätzung von Funkübertragungskanaleigenschaften, die durch räumliche Korrelationen beschrieben werden, durchgeführt wird,
  - bei dem zur Verbesserung der mit Hilfe der Trainingssequenzen durchgeführten Kanalschätzung die Trainingssequenzen durch das Vorfilter an die Funkübertragungskanaleigenschaften angepasst werden, wobei
  - 15 - das Vorfilter in Abhängigkeit der räumlichen Korrelationen zum Erreichen eines vorgegebenen Fehlerwert eines zur Kanalschätzung verwendeten Algorithmus dimensioniert wird.
  - 20
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der empfangsseitige Fehlerwert als Minimalwert bei einer vorgegebenen Trainingssequenzlänge vorgegeben wird oder bei dem der vorgegebene Fehlerwert mittels einer Anpassung der Länge der Trainingssequenzen erreicht wird.
- 25
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem empfangsseitig ein MSE-Algorithmus zur Kanalschätzung verwendet wird.
- 30



4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem durch das Vorfilter für jede Trainingssequenz ein Beamforming-Verfahren durchgeführt wird, indem durch das Vorfilter sowohl eine Leistungszuordnung als auch eine Antennensystemzuordnung zur Trainingssequenz erfolgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Vorfilterung der Trainingssequenzen anhand folgender Gleichung durchgeführt wird:

$$F \cdot S = V_{Tx}^* \Phi_f S$$

mit:

S als sendeseitiger Trainingssequenzmatrix,

F als sendeseitiger Vorfiltermatrix,

$V_{Tx}$  als Eigenvektoren einer langzeitstabilen sendeseitigen Korrelationsmatrix mit sendeseitigen Funkkanalkoeffizienten, und mit

$\Phi_f$  als Diagonalmatrix zur Leistungszuordnung

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Diagonalmatrix  $\Phi_f$  unter Berücksichtigung eines MSE-Fehlerwerts  $\varepsilon$  anhand folgender Formel gebildet wird:

$$\varepsilon = \text{tr}(\Lambda_{Tx}^{-1} \otimes \Lambda_{Rx}^{-1} + \frac{N_t}{N_0} (\Phi_f \Phi_f^H \otimes I))^{-1}$$

mit

$N_t$  als Trainingssequenzlänge,

$N_0$  als Rauschleistung,

I als Einheitsmatrix,

$\Lambda_{Rx}$  als Eigenwerte einer empfangsseitigen langzeitstabilen Korrelationsmatrix mit empfangsseitigen Funkkanalkoeffizienten,

$\Lambda_{Tx}$  als Eigenwerte der sendeseitigen langzeitstabilen Korrelationsmatrix mit sendeseitigen Funkkanalkoeffizienten.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, bei dem eine Minimierung des MSE-Fehlerwerts  $\varepsilon$  bei einer sendeseitigen und bei einer empfangsseitigen Korrelation von Funkübertragungskanälen bzw. Antennensystemen im Hinblick auf die Diagonalmatrix  $\Phi_f$  anhand folgender Formel durchgeführt wird:

$$\min_{\Phi_f} \text{tr}(\Lambda_{Tx}^{-1} \otimes \Lambda_{Rx}^{-1} + \frac{N_t}{N_0} (\Phi_f \Phi_f^H \otimes I))^{-1}$$

wobei als Nebenbedingung eine Leistungsbeschränkung anhand folgender Formel bestimmt wird:

$$\rho = \sum_{l=0}^{M_{Tx}} \Phi_{f,l}^2$$

8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, bei dem bei einer sendeseitigen Korrelation von Funkübertragungskanälen bzw. Antennensystemen für Elemente der Diagonalmatrix  $\Phi_f$  gilt:

$$\Phi_{f,l} = \left[ \frac{1}{M_{Tx}} \left( \left( \frac{N_t}{N_0} \right)^{-1} \text{tr}(\Lambda_{Tx}^{-1}) + \rho \right) \cdot I - \left( \frac{N_t}{N_0} \right)^{-1} \Lambda_{Tx}^{-1} \right]^{0,5}$$

mit der Nebenbedingung  $\Phi_{f,1} \geq 0$ .

9. Sendestation und/oder Empfangsstation eines Funkkommunikationssystems mit Mitteln, die zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 ausgestaltet sind.